

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nikola Kožul

ANALIZA OPRAVDANOSTI MATERIJALA ZA
IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet Prometnih Znanosti

ZAVRŠNI RAD

**ANALIZA OPRAVDANOSTI MATERIJALA ZA
IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU
ANALYSIS OF DURABILITY AND COST
EFFECTIVENESS OF ROAD MARKING MATERIALS**

Mentor: dr. sc. Dario Babić

Student: Nikola Kožul

JMBAG: 0135233995

Zagreb, rujan 2019.

ANALIZA OPRAVDANOSTI MATERIJALA ZA IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU

SAŽETAK

Prometna signalizacija predstavlja skup mjera čija je zadaća upozoravanje i obavješćavanje sudionika u prometu kao i njihovo informiranje i vođenje kroz prometnu mrežu. Oznake na kolniku spadaju u skupinu horizontalne prometne signalizacije te se mogu definirati kao skup linija, crta, natpisa, teksta i simbola kojima se oblikuje prometna površina. Izvode se od nekoliko materijala koji se razlikuju po kvaliteti, trajnosti, načinu izvođenja te cijeni. Cilj ovog rada je analizirati materijale za izvođenje oznaka na kolniku te na temelju provedene analize utvrditi opravdanost primjene pojedinog materijala.

KLJUČNE RIJEČI: prometna signalizacija, oznake na kolniku, retrorefleksija, sigurnost prometa

SUMMARY

Traffic signalling represents a set of measures whose task is to warn, alert, inform and guide traffic participants through transport network. Road markings are part of horizontal signalling and can be defined as a set of lines, texts and symbols which shape road surface. They are made of a several different materials that differ in quality, durability, application technology and price. The aim of this paper is to analyze the materials used for road markings application and to determine the cost-effectiveness of their application.

KEY WORDS: traffic signalling, road markings, retroreflectivity, road safety

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	DEFINICIJA I PODJELA OZNAKA NA KOLNIKU	3
	2.1. Definicija oznaka na kolniku	3
	2.2. Podjela oznaka na kolniku	3
3.	UTJECAJ OZNAKA NA KOLNIKU NA SIGURNOST PROMETA	7
4.	ELEMENTI UTJECAJA NA VIDLJIVOST OZNAKA NA KOLNIKU	9
	4.1. Širina oznake.....	9
	4.2. Boja oznake.....	9
	4.3. Odnos punih i isprekidanih linija.....	10
	4.4. Duljina linija i konfiguracija razmaka isprekidanih linija	10
	4.5. Vremenski uvjeti.....	10
	4.6. Struktura kolnika.....	12
	4.7. Vrsta vozila	12
5.	MATERIJALI ZA IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU.....	13
	5.1. Oznake na kolniku izrađene od boje.....	13
	5.2. Oznake na kolniku izrađene od plastike	15
	5.2.1. Hladna plastika	16
	5.2.2. Termoplastika.....	17
	5.3. Oznake na kolniku izrađene od trake.....	19
6.	ANALIZA OPRAVDANOSTI MATERIJALA ZA IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU	21
7.	ZAKLJUČAK.....	30
	POPIS LITERATURE	32
	POPIS SLIKA I TABLICA	35

1. UVOD

Prometna signalizacija ima ulogu obavijestiti i upozoriti sudionike u prometu o stanju na cestama te ih voditi i informirati tijekom njihova kretanja prometnom mrežom. Iako na samu sigurnost cestovnog prometa utječe niz čimbenika, prometna signalizacija predstavlja troškovno najefikasnija rješenja za povećanje sigurnosti. Sudionici u prometu moraju jednostavno vidjeti, razaznati i shvatiti prometnu signalizaciju za što sigurnije, efikasnije i brže odvijanje prometa. To je naročito bitno u uvjetima smanjene vidljivosti kada je količina dostupnih vizualnih informacija uvelike umanjena što rezultira sužavanjem i skraćivanjem vidnog polja vozača te umanjnjem mogućnosti točne percepcije boja, oblika, tekstura te dubine. Upravo u navedenim uvjetima prometna signalizacija pruža sudionicima u prometu važne informacije nužne za siguran nastavak njihova kretanja.

Općenito, prometna se signalizacija može podijeliti u tri kategorije: vertikalna, horizontalna i svjetlosna. Oznake na kolniku pripadaju skupini horizontalne prometne signalizacije, a dijele se na uzdužne, poprečne i ostale oznake. Mogu se lijepiti, ugrađivati, utiskivati ili oslikavati na površinu kolnika te izvoditi od različitih materijala poput boje, plastike ili traka. S obzirom da se nalaze u centralnom polju vozačeva vidnog polja predstavljaju vrlo važnu sigurnosnu mjeru, posebno u uvjetima smanjene vidljivosti. No da bi oznake mogle izvršavati svoju funkciju one moraju biti vidljive. Dnevna vidljivost oznaka temelji se na difuznoj refleksiji te kontrastu između boje oznake i asfalta, dok se noćna vidljivost isključivo temelji na retroreflektirajućim svojstvima oznaka koja se postiže primjenom staklenih perli, odnosno retroreflektirajućih materijala.

Tijekom eksploatacije oznaka, njihova retroreflektirajuća svojstva se umanjuju što umanjuje njihovu vidljivost u noćnim uvjetima. Da bi oznake što duže zadržale zadovoljavajuću kvalitetu, odnosno adekvatnu razinu vidljivosti potrebnu vozačima, moraju biti izvedene sukladno propisima i pravilima, sadržavati kvalitetne retroreflektirajuće materijale te biti izvedene od optimalnog materijala. Drugim riječima, prilikom odabira materijala za njihovo izvođenje, potrebno je uzeti niz faktora koji utječu na životni vijek, a time i na samu isplativost materijala. Ti faktori su vezani uz geografsko-klimatsko-prometne uvjete u kojima se cesta nalazi.

Cilj ovog rada je analizirati materijale za izvođenje oznaka na kolniku te na temelju provedene analize utvrditi opravdanost primjene pojedinog materijala, ovisno o području i intenzitetu prometa. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Definicija i podjela oznaka na kolniku
3. Utjecaj oznaka na kolniku na sigurnost prometa
4. Elementi utjecaja na vidljivost oznaka na kolniku
5. Materijali za izvođenje oznaka na kolniku
6. Analiza opravdanosti materijala za izvođenje oznaka na kolniku
7. Zaključak

U prvom poglavlju iznesena su uvodna razmatranja vezana uz problematiku završnog rada. U drugom su poglavlju definirane oznake na kolniku, njihove zadaće i funkcije te je pojašnjena njihova podjela prema funkciji.

Treće poglavlje analizira utjecaj oznaka na kolniku na sigurnost u prometu pri čemu je prikazan kratki pregled dosadašnjih istraživanja vezanih uz utjecaj oznaka na sigurnost prometa. S obzirom da vidljivost oznaka na kolniku predstavlja njihovu najvažniju karakteristiku, u četvrtom poglavlju opisani su elementi koji utječu na vidljivost oznaka. Navedeni elementi podijeljeni su u nekoliko čimbenika: dizajn i način izvođenja oznaka, vremenske i uvjete na cestama, tip vozila i kvalitetu svjetala, stanje vozača te kvalitetu retroreflektirajućih materijala.

Peto poglavlje opisuje materijale od kojih se izvode oznake na kolniku. S obzirom na učestalost uporabe, kako u RH tako i u svijetu, opisana su tri najčešće korištena materijala: boje, plastični materijali i trake. Istaknute su, također, prednosti i nedostaci svakog navedenog materijala.

Odabir materijala za izradu oznaka na kolniku, ovisno o geografsko-klimatsko-prometnim uvjetima u kojima se cesta nalazi, uvelike utječe na životni vijek oznake, a time i na njenu isplativost odnosno opravdanost. Sukladno cilju rada, u šestom je poglavlju analizirana opravdanost pojedinih materijala. U završnom su, sedmom, poglavlju rada izneseni zaključci do kojih su analize različitih materijala za izradu oznaka na kolniku dovele.

2. DEFINICIJA I PODJELA OZNAKA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku su skup linija, crta, natpisa i simbola, čijom se kombinacijom oblikuju prometne površine. Kombinacijom tih elemenata, mijenjanjem izgleda, duljina ili boja oznaka ostvaruje se „komunikacija“ sa vozačima i prenose im se informacije o radnjama koje bi trebali poduzeti. Oznake se nalaze u centralnom vidnom polju vozača, odnosno na kolniku gdje je vozačev pogled najčešće upućen te zbog navedenog razloga predstavljaju vrlo važan sigurnosni element. Postavljaju se samo na cestama sa suvremenim kolničkim zastorom (asfaltnim i betonskim)[1]. One se ucrtavaju, ugrađuju, lijepe ili utiskuju na sam kolnički zastor, ali ne smiju povećavati sklizavost kolnika.

2.1. Definicija oznaka na kolniku

Postoje različite definicije samih oznaka na kolniku, a jedna od najčešće korištenih je da su oznake na kolniku jedinstvena sredstva za upravljanje prometom koja kontinuirano prenose informacije o smjeru kretanja, sredini i rubu kolnika te daju općenite informacije o prometnoj situaciji bez potrebe skretanja pozornosti vozača dalje od kolnika [2].

Oznake na kolniku imaju svoje zadatke, a oni su [1]:

- UPOZORAVANJE vozača na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila koja zahtjeva osobitu pozornost i oprez za nastavak sigurnog upravljanja vozilom;
- VOĐENJE vozača do njihova cilja putovanja identificiranjem sigurne putanje za vožnju;
- INFORMIRANJE vozača o zakonskim ograničenjima;
- Pomoć pri REGULIRANJU prometa na optimalan način;
- DEFINIRANJE namjene prometne površine.

2.2. Podjela oznaka na kolniku

Iako se oznake na kolniku mogu dijeliti prema različitim kriterijima kao što su: vrsta materijala od kojih su izvedene, debljini nanosa, cijeni ili metodi izvođenja, osnovna je podjela prema njihovoj funkciji.

U Republici Hrvatskoj se, u skladu sa Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11), oznake na kolniku prema funkciji dijele na [3]:

- a. Uzdužne oznake na kolniku
- b. Poprečne oznake na kolniku
- c. Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika.

a. Uzdužne oznake na kolniku

Uzdužne oznake su one oznake koje se rade paralelno s osi kolnika. One na kolniku mogu služiti kao razdjelne crte, crte vodilje, crte za odvajanje trakova za vozila javnog prijevoza, rubne crte i crte upozorenja. Razdjelne crte služe za razdvajanje dvosmjernih kolnika prema smjerovima kretanja vozila, dok rubna crta služi za označavanje ruba kolničke površine. Crte vodilje se koriste za vođenje vozača prilikom prolaska kroz raskrižja [1].

Širina uzdužnih crta na kolniku iznosi najmanje 10 cm, a ovisi o širini prometne trake te iznosi 20 cm za prometne trake široke 3,5 m ili više, 15 cm za trake širine između 3,0 i 3,5 m, 12 cm za trake širine između 2,75 i 3,0 m te 10 cm za prometne trake široke između 2,5 i 2,75 m. Razmak između usporednih uzdužnih dvostrukih crta je 10 cm dok širina središnje razdjelne crte ovisi o širini kolnika. Širina razdjelne i rubne crte je jednaka [3].

Osim navedene podjele, uzdužne oznake dijele se i na pune, isprekidane i dvostruke linije. Puna uzdužna linija (razdjelna i rubna) označuje da se preko te linije ne smije prelaziti niti voziti po njoj. Isprekidana linija može biti isprekidana razdjelna, kratka isprekidana, široka isprekidana i crta upozorenja. Isprekidana linija služi za razdvajanje kolničke površine na prometne trake [3].

Crta upozorenja služi kao najava vozaču da uskoro počinje primjena pune razdjelne crte. Široka isprekidana crta se koristi na cestama izvan naselja kao crta za razdvajanje tokova u raskrižju i najmanja širina joj je 30 cm. Kratka isprekidana crta služi kao razdjelna crta na prilaznim krakovima raskrižja, crta vodilja u raskrižjima i za odvajanje trakova namijenjenih vozilima javnog gradskog prijevoza putnika [3].

Osim ranije navedenih jednostrukih, u uporabi su još i dvostruke crte. One mogu biti dvostruke pune, dvostruke isprekidane ili dvostruke kombinirane. Dvostruka puna razdjelna crta

označuje zabranu prelaska preko tih crta ili kretanja vozila po njima. Ona se obavezno izvodi na kolnicima za dvosmjerni promet vozila [3]:

- a) s dva i više prometna traka za svaki smjer;
- b) s neparnim brojem prometnih trakova ako se pretjecanje zabranjuje u oba smjera;
- c) u tunelima i prilazima tunelu u dužini od najmanje 200 m;
- d) na objektima
- e) ako to zahtijevaju prometni i sigurnosni uvjeti ceste ili okoliš ceste.

Dvostruka isprekidana razdjelna crta služi za obilježavanje prometnih trakova s izmjenjivim smjerom kretanja kojima je promet upravljan prometnim svjetlima, dok dvostruka kombinirana crta služi za razdvajanje prometnih trakova na mjestima na kojima uvjeti preglednosti dopuštaju samo jednom smjeru kretanja pretjecanje [3].

b. Poprečne oznake na kolniku

Sve oznake na kolniku koje se nalaze okomito ili pod nekim kutom u odnosu na os ceste nazivaju se poprečnim oznakama. Označavaju se punim ili isprekidanim crtama i mogu biti izvedene tako da zahvaćaju jedan ili više prometnih trakova. U poprečne oznake na kolniku ubrajaju se [1]:

- crte zaustavljanja
- kose crte
- graničnici
- pješački prijelazi
- prijelazi biciklističke staze preko kolnika

Zaustavne linije mogu biti pune i isprekidane, a razlika je u tome što pune označavaju mjesta na kojima vozač mora u potpunosti zaustaviti svoje vozilo, dok se kod isprekidanih mora zaustaviti samo ako treba propustiti vozila koja imaju pravo prednosti prolaska. Umjesto isprekidane zaustavne linije također se može upotrebljavati i oznaka s ucrtanim trokutima čiji je vrh okrenut prema vozilu [3].

Kosim crtama se označavaju mjesta gdje započinju izlazi ili završavaju ulazi s autoceste ili brze ceste, te otvaranje i zatvaranje prometnog traka namijenjenog vozilima javnog gradskog prijevoza putnika. Graničnici služe za označavanje mjesta ulaznja na kojem je potrebno odvojiti

dio kolnika na kojem je zabranjen promet. Pješački prijelazi označuju dio površine koji je namijenjen prijelazu pješaka preko kolnika. Ukoliko pješački prijelaz nije moguće obilježiti bojom, on se može obilježiti čeličnim ili plastičnim elementima, klinovima ili reflektirajućim oznakama [3].

c. Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika

Sve oznake koje ne pripadaju skupini uzdužnih ili poprečnih, svrstavaju se u ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika, a one mogu biti [3]:

- strelice
- polja za usmjeravanje prometa
- crte usmjerivanja
- natpisi
- oznake za označavanje prometnih površina za posebne namjene
- oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje
- uzdužne oznake na predmetima uz rub kolnika
- bijele točke za ispitivanje vidljivosti u magli
- evakuacijske crte u tunelima

Strelicama se na kolniku obilježava obavezan smjer kretanja vozila ako su smještene u prometnom traku obrubljenom punom crtom ili se njima obavještavaju vozači o namjeni prometnog traka ako je trak obrubljen isprekidanom crtom. Strelicom je mogu označiti jedan ili dva smjera kretanja, prestrojavanje iz jednog traka u drugi, smjer kretanja u garažama ili skretanje prometa.

Na kolniku mogu biti ispisani natpisi kao: „Taxi“, „Stop“, „BUS“ ili slično. Ispisuju se tako da im je visina slova najmanje 1,6 metara, a širina 3 do 6 puta manja od visine. Na cestama s dopuštenim velikim brzinama, poput autocesta i brzih cesta, visina slova može biti 2,5 metra, a širina 0,2 metra [3].

3. UTJECAJ OZNAKA NA KOLNIKU NA SIGURNOST PROMETA

Za kvalitetan prometni sustav jedan on najbitnijih faktora je sigurnost svih sudionika u prometu. Ona odražava opći stupanj prometne kulture i načina života. Promet je složena pojava pri kojoj dolazi do raznih konflikata, pa se prometnom signalizacijom na razne načine vozačima i ostalim sudionicima u prometu pokušava omogućiti što lakše snalaženje u prometu [4].

Zadatak oznaka na kolniku je vizualno vođenje vozača i pomoć prilikom donošenja odluka. Vozačev zadatak je slijediti prometnicu na način da ne ugrožava ostale sudionike u prometu. Tijekom dana, donošenje odluka nije problematično jer vozač zaprima dovoljno informacija iz okoline, ali prilikom vožnje noću ili u uvjetima smanjene vidljivosti zbog loših vremenskih uvjeta, vozačima je puno teže donijeti odluke. Zbog nedovoljne vidljivosti primaju manji broj potrebnih informacija te im je stoga teže donijeti ispravne odluke. Upravo se kvalitetno izvedenim i vidljivim oznakama na kolniku vozačima pomaže pri donošenju odluke koje ne ugrožavaju sudionike u prometu [5]. Sa stajališta sigurnosti i sigurnog vizualnog vođenja, oznake na kolniku trebale bi utjecati na: sposobnost vozača na vidljivo područje sigurne vožnje ispred vozila, na percepciju položaja vozila na cesti i određivanje brzine i smjera vožnje.

S obzirom na važnost oznaka na kolniku, nizom znanstvenih istraživanja pokušala se utvrditi veza između oznaka na kolniku i sigurnost cestovnog prometa. Jedno od prvih takvih istraživanja provedeno je 1981. godine diljem SAD-a, a rezultati su pokazali značajan (oko 20 %) pad u broju prometnih nesreća i broju ozlijeđenih osoba dodavanjem rubnih i središnjih linija. Još značajniji pad zabilježen je u noćnim uvjetima vožnje gdje je broj nesreća pao u rasponu od 37% do 42%, ovisno od države [6].

Tijekom 2002. godine provedena je studija utjecaja oznaka na prometne nesreće. Studija se sastojala od dvije etape koje su se razlikovale po različitim materijalima oznaka na kolniku i njihovim utjecajima na sigurnost. Tijekom prve etape su se pratile oznake izvedene bojom na bazi otapala i epoksi bojom dok su se u drugoj etapi pratile oznake izvedene dugotrajnim materijalima. U obzir su uzeti faktori duljine dionice, prosječan godišnji dnevni promet te udio prosječnog godišnjeg dnevnog prometa tijekom dnevnih, noćnih, suhih i mokrih uvjeta. Rezultati su prikazali

pad broja prometnih nesreća pri noćnim uvjetima za 6 %, nakon obnavljanja oznaka na kolniku [7].

U studijama provedenim na području Novog Zelanda [8] i Kanade [9], prilikom analiziranja utjecaja retrorefleksije oznaka na kolniku na pojavu prometnih nesreća, rezultati su prikazali kako nema značajne povezanosti između broja prometnih nesreća i retrorefleksije. Obe studije koje su došle do takvih rezultata imaju i svoja ograničenja, zbog kojih se može sumnjati u rezultate. Studija na području Novog Zelanda u obzir uzimala i ceste koje su označene sa retroreflektirajućim markerima, dok je kod studije na području Kanade retrorefleksija oznaka modelirana, a ne mjerena, zbog čega su moguća odstupanja.

Jedno od najnovijih istraživanja koje je objavljeno 2016. godine je u obzir, prilikom praćenja odnosa oznaka na kolniku i sigurnosti prometa, uzimalo duljinu dionice ceste, vrste oznaka i vrijednost refleksije tih oznaka. Rezultati su prikazali da povećanje retrorefleksije bijelih i žutih rubnih linija znatno smanjuje broj prometnih nesreća [10].

4. ELEMENTI UTJECAJA NA VIDLJIVOST OZNAKA NA KOLNIKU

Najbitniji elementi za vidljivost oznaka na kolniku su dobro postavljene i izrađene oznake, ali i odabir kvalitetnog materijala za područje na kojem se nalazi cesta. Osim tih elemenata vrlo važni su: širina oznake, boja oznake, vremenski uvjeti, struktura kolnika i vrsta vozila.

4.1. Širina oznake

Širina oznaka na kolniku vizualno utječe na ponašanje vozača, prvenstveno na lateralnu udaljenost vozila od ruba ceste. Vozači mijenjaju bočni položaj vozila i pomiču se prema rubu ceste prilikom uočavanja širih oznaka što smanjuje mogućnost frontalnih sudara [11]. Povećanjem širine oznake, zauzima se veća površina na cesti, a time se javlja i potreba za većim brojem staklenih perli, što rezultira povećanom retrorefleksijom oznaka [12].

4.2. Boja oznake

U Republici Hrvatskoj zakonom je propisano da se oznake na kolniku označavaju bijelom bojom. Izuzetak su žute oznake koje se koriste za točno određene situacije a to su [3]:

- oznake mjesta na kolniku i nogostupu gdje je zabranjeno parkiranje
- crta za odvajanje traka za kretanje vozila javnog gradskog prijevoza
- oznake parkirališnog mjesta za osobe s invaliditetom
- oznake kojima se obilježavaju mjesta za određene namjene (autobusna stajališta, taxi-vozila, policija, biciklističke ili pješačke staze)
- naprave za smirivanje prometa (umjetne izbočine i uzdignute plohe)
- privremena regulacija prometa i privremena opasnost

Diljem svijeta su bijela i žuta osnovne boje za oznake na kolniku, dok primarna ovisi o tradiciji korištenja (npr. SAD puno frekventnije koristi žutu boju). Boja oznaka je izuzetno bitna radi stvaranja kontrasta između oznake i kolničke podloge, čime se stvara bolja dnevna vidljivost oznaka. Istraživanjima vidljivosti oznaka dokazano je da su oznake bijele boje vidljivije odnosno da imaju veći koeficijent retrorefleksije u odnosu na oznake žute boje [13]. Također je vrlo bitna i

daljina primjećivanja oznaka, a studijama je prikazano da je udaljenost uočavanja žutih oznaka približno 20% kraća u odnosu na oznake izvedene bijelom bojom [14].

4.3. Odnos punih i isprekidanih linija

Odnos između punih i isprekidanih linija u obzir uzimaju udaljenost primjećivanja oznaka na kolniku. Zbog veće površine koju pokrivaju, pa tako i veće retrorefleksije, pune oznake su uočljivije što je prikazano u istraživanju [14]. Primijećeno je i da se vozači pri vožnji na kolniku koji je označen punom linijom, voze bliže rubnoj traci, dok se pri vožnji na kolniku sa isprekidanom linijom približavaju razdjelnoj traci.

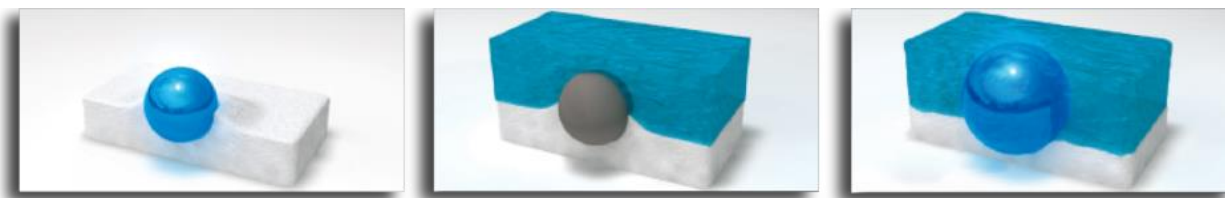
4.4. Duljina linija i konfiguracija razmaka isprekidanih linija

Utjecaj duljine i razmaka linija provedeno je u studiji [15] gdje je praćena duljina označenog i praznog dijela oznake i njihov utjecaj na ponašanje vozača u prometu. Vozači se slično ponašaju pri različitim duljinama označenog i praznog područja oznake pa je stoga nepotrebno povećavati troškove s produživanjem označenog dijela oznake.

4.5. Vremenski uvjeti

Loši vremenski uvjeti poput kiše, magle ili snijega stvaraju jedne od najtežih uvjeta za vožnju. Ne samo da otežavaju upravljanje vozila nego i, zbog smanjene preglednosti kolnika, umanjuju vidljivost oznaka na kolniku.

Na području Republike Hrvatske kiša je najčešći uzrok slabe vidljivosti oznaka. Za vrijeme kiše, voda stvara tanki sloj na oznaci, pa samim time otežava njezino primjećivanje. Pošto oznake u sebi sadrže male staklene kuglice ili tzv. „staklene perle“, koje i omogućuju stvaranje retrorefleksije, taj sloj vode može ih lako prekriti i smanjiti kvalitetu retrorefleksije. Da bi se spriječio taj efekt, u posljednje se vrijeme koriste staklene perle visoke optičke kvalitete (Slika 1.) [5]. Postavljanjem takvih staklenih perli sprječava se nastanak efekta zrcalne refleksije, odnosno zasljepljivanja vozača iz suprotnog smjera. Njihova se uporaba, u kombinaciji s kvalitetnijim materijalima kao što je plastika, preporučuje na područjima na kojima se očekuje veća količina padalina



Slika 1. Standardne perle na suhom i mokrom kolniku (lijevo i sredina) te perle koje omogućavaju bolju vidljivost u mokrim uvjetima (desno)

Izvor:[5]

Oznake na kolniku su slabo vidljive i zbog magle na cesti. Zbog otežane vidljivosti, teško je bilo kakvim bojama ili staklenim perlama omogućiti dobru vidljivost oznaka, pa se iz tog razloga koriste vibracijske trake (Slika 2.). One vozača obavještavaju u trenutku kada vozilom prijeđe preko njih prenošenjem vibracija na vozilo te na taj način vozač dobiva upozorenje da se približio rubu prometnog traka.



Slika 2. Vibracijska traka

Izvor:[16]

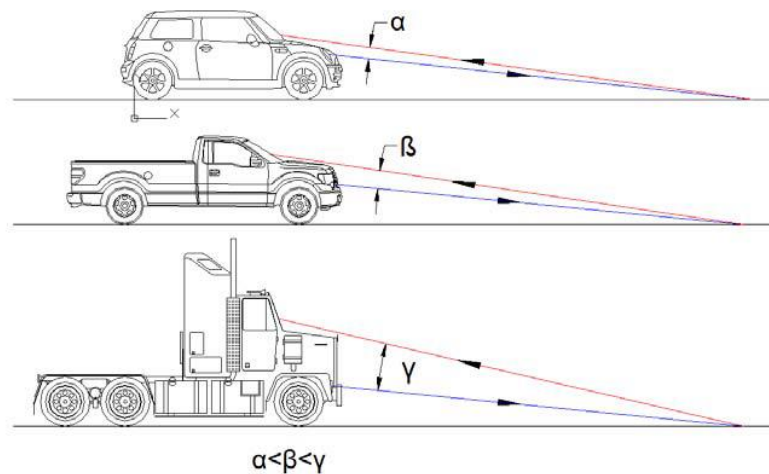
Tijekom zimskih uvjeta snijeg i mraz stvaraju velike probleme prilikom vožnje. Snijeg na retrorefleksiju ima sličan utjecaj kao i voda. Međutim, za razliku od vode, snijeg ima visok faktor sjajnosti zbog čega je uočljiviji. Problemi se mogu pojaviti prilikom padanja većih količina snijega koje u potpunosti prekriju kolnik, pa vozači nisu u mogućnosti vidjeti oznake na kolniku sve do trenutka dok se kolnik ne očisti. To smanjuje mogućnost orijentiranja vozača. Isto tako, prilikom čišćenja kolnika može doći do oštećenja oznaka, ukoliko nisu kvalitetno napravljene ili su uzdignute. Mraz ima učinak kao voda te djeluje sa zrcalnom refleksijom i zaslepljivanjem vozača [12].

4.6. Struktura kolnika

S prolaskom vremena, zbog istrošenosti, kolnici gube svoje izvorne kvalitete i tehničke karakteristike. To se odražava i na vrstu i stanje kolničke podloge. S vremenom kolnici postaju blijedi u odnosu na tek postavljene kolnike. Razlika u boji ponajviše dolazi do izraza pri usporedbi asfaltnih i betonskih kolnika, gdje su asfaltni kolnici znatno tamnije boje, pa se pri postavljanju bijelih oznaka na kolnik stvara veliki kontrast koji omogućava lakše uočavanje oznaka na kolniku. Betonski kolnici su zbog svoje strukture svjetliji, pa je tako i kontrast pri postavljanju oznaka manji, čime se utječe na vidljivost oznaka po dnevnim i noćnim uvjetima [17].

4.7. Vrsta vozila

Prilikom vožnje kod vozila je važan upadni kut svjetlosti prema samoj oznaci na kolniku (Slika 3.). Upadni kut svjetlosti uvjetovan je visinom svjetala vozila, dok kut promatranja osim o visini svjetala ovisi i o visini sjedišta vozača. Vidljivost oznaka će biti bolja za vozače koji sjede niže, jer je kut promatranja manji [12].



Slika 3. Prikaz veličine kuta ulazne i reflektirane zrake svjetlosti ovisno o vrsti vozila

Izvor: [18]

Motociklistima je u donosu na vozače ostalih motornih vozila, zbog samo jednog umjetnog izvora svjetlosti ili dva manja koji odašilju manju količinu svjetlosti, vidljivost oznaka na kolniku znatno otežana. Retrorefleksija je bolja kod vozača sa nižom točkom sjedišta zbog manjeg kuta gledanja. Kut gledišta je važan zbog toga što se svjetlost vraća u manjem snopu te je intenzivnija, pa je tako retrorefleksija bolja pri vožnji osobnih automobila nego kod teretnih vozila [18].

5. MATERIJALI ZA IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku cjeline su vezane uz kolnički zastor sastavljene od međusobno povezanih materijala kao što su pigmenti, veziva, punila, specijalne kemikalije te otapala, čija je zadaća osigurati izdržljivost pri lošim vremenskim uvjetima, trajnost, visoku vrijednost koeficijenta trenja klizanja i drugo [12]. Svaki materijal ima svoje prednosti i nedostatke, stoga prilikom izbora samog materijala mora se unaprijed odrediti koliko je to područje povoljno za određeni materijal. Bitni elementi na koje treba paziti su klimatski uvjeti i prometno opterećenje.

Materijali se međusobno razlikuju u cijeni, trajnosti i načinu izrade oznaka i na temelju toga se biraju najisplativija i najpotrebnija rješenja. U današnje vrijeme razvojem raznih tehnologija došlo je i do razvoja materijala za izradu oznaka na kolniku. To je osiguralo puno više rješenja, ali time je i klasifikacija materijala postala znatno kompleksnija. Najčešća podjela materijala odnosi se na vrstu korištenog materijala prema kojoj se materijali dijele na: boje, plastične materijale i trake, dok se od ostalih podjela, često koristi podjela temeljena na korištenom otapalu. Prema toj podjeli materijali se mogu podijeliti na materijale na bazi otapala (*eng. Solventborne*), na bazi vode (*eng. Waterborne*) ili one koji ne uopće koriste otapala. Također se mogu podijeliti i na oznake za trajno označavanje ili za privremeno označavanje. Od ostalih je podjela još moguća i podjela prema retroreflektirajućim svojstvima, debljini nanosa ili kemijskom sastavu [19].

Kod postavljanja oznaka važno je da se ne poveća klizavost kolnika, pa se zbog toga dodaju i elementi koji povećavaju površinsku hrapavost. Kao što je prije navedeno, materijalima se dodaju i retroreflektirajući elementi, odnosno staklene perle, koje pospješuju vidljivost u lošijim uvjetima.

5.1. Oznake na kolniku izrađene od boje

Boja je najčešće korišten materijal za postavljanje oznaka na kolniku. To je tekući materijal koji pripada tankoslojnim materijalima zbog postavljanja materijala u debljini nanosa od 0,3 do 0,6 mm. Praktični su za postavljanje jer se izuzetno brzo suše ovisno o vrsti boje (neke se suše za 20 minuta, neke boje su suhe i do minute nakon stavljanja na podlogu). Zbog kratke trajnosti i lake istrošivosti, boje se uglavnom postavljaju na područjima koje karakterizira manji intenzitet prometa. Bojane oznake se uglavnom postavljaju tijekom proljeća, a njihovo prosječno trajanje

iznosi od šest do dvanaest mjeseci [12]. Upravo se iz tog razloga boja smatra najlošijim i najslabije iskoristivim materijalom. Zbog tankog sloja, u razdoblju od četiri do šest mjeseci nakon postavljanja, vidljivost i retroreflektirajuća svojstva oznake opadaju. Zatim dolazi period jeseni gdje su dani kraći, vidljivost lošija i česte padaline koje još više umanjuju vidljivost oznaka.

Postavljanje boje na kolnik je proces koji je za kvalitetno obavljen posao potrebno odraditi sa odgovarajućim strojevima koji su opremljeni spremnikom za boju, mehanizmom za raspršivanje boje, „pištoljem“, koji mora biti postavljen na dobru visinu da bi širina oznake bila odgovarajuća. Boja mora biti pripremljena s razrjeđivačem ili aditivima, te stavljena u spremnik za boju u stroj koji pripremljen materijal potom izvlači i kroz cijevi pod određenim tlakom vuče do pištolja gdje se raspršuje po kolniku. Uz samu boju na stroju može biti postavljen i dodatan „pištolj“ koji automatski izbacuje i staklene kuglice. Postoji više vrsta strojeva pomoću kojih se mogu izvoditi bojane oznake. Najjeftiniji i najjednostavniji za korištenje su mali strojevi (Slika 4.) koji su uglavnom na dva kotača, bez posebnog spremnika za boju i koje je potrebno gurati ili voditi za sobom. Kako stroj nema pripremljen spremnik za boju, boja se pripremi sa strane u kanti i tako postavlja na postolje koje je napravljeno na stroju. U kantu se ubaci pumpa pod tlakom koja izvlači boju u cijev i vodi ju dalje prema raspršivaču [1].



Slika 4. Graco LineLazer 3400

Izvor: [20]

Skuplji pa tako i kvalitetniji strojevi, na sebi već imaju poboljšanja poput postavljenog pištolja ili mogućnost vožnje stroja. Najskuplji pa tako i najkvalitetniji strojevi (Slika 5.) su zapravo spojeni na teretno vozilo i sadrže izuzetno velike spremnike za boju koji u sebi mogu

sadržavati preko 1 500 litara boje odjednom te imaju više pištolja koji mogu odjednom raditi i u isto vrijeme označavati više dijelova kolnika. „Pištolji“ su također lako podesivi pa se sa istim strojem može raditi veliki raspon širina oznaka od 10 do 100 cm.



Slika 5. Hofmann H 36

Izvor: [21]

Tvrtka 3M je objavila normalne uvjete nanošenja u kojima bi se bojane oznake trebale najkvalitetnije zadržati na kolniku. Ti uvjeti su [22]:

- maksimalna brzina vozila za automatsko nanošenje - 12 km/h
- debljina nanosa - 0,6 mm
- gustoća rasipanja dodatnih elemenata – 160 g/m²
- gustoća rasipanja perli – 400 g/m²
- nužno vrijeme sušenja – 3 min
- dovoljno vrijeme sušenja – 6 sati

5.2. Oznake na kolniku izrađene od plastike

Plastični materijali spadaju u debeloslojne i višekomponentne materijale koji se u osnovi sastoje od sintetičkih veziva, staklenih kuglica za poboljšanje retrorefleksije, pigmenta, punila i prirodne ili umjetne smole [19]. Debljina nanosa ovisi o tome postavljaju li se neprofilirane ili profilirane oznake. Ukoliko se postavljaju neprofilirane odnosno oznake ravne površine, debljina

nanosa iznosi od 1 do 3 mm, dok je kod postavljanja profiliranih oznaka (Slika 6.) debljina nanosa do 6mm. Zbog debljeg nanosa vidljivost plastičnih oznaka u lošim vremenskim uvjetima je bolja nego kod oznaka od boje jer u slučaju kiše ona ne prekriva kompletnu oznaku pa i dalje ostaje dovoljna razina retrorefleksije na dijelovima koji su uzdignuti [5].



Slika 6. Profilirana oznaka izrađena od plastike

Izvor:[23]

5.2.1. Hladna plastika

Hladna plastika je višekomponentni debeloslojni materijal korišten za izradu oznaka na kolniku. Postavlja se na područja gdje se očekuje visok intenzitet prometa i gdje je potreba za odličnom vidljivošću oznaka. Hladna plastika je najskuplji ali isto tako i najizdržljiviji materijal [24]. Također osim tih područja koristi se i za ocrtavanje pješačkih i biciklističkih staza. Sastoji se od plastike u tekućem stanju koja nakon dodavanja zgušnjivača, u većini slučajeva u obliku praha, kao druge komponente kreće u kemijsku reakciju gdje se krene stezati i postaje spremna za nanošenje na kolničku površinu. Važno ju je u što kraćem vremenu nanijeti na kolnik jer u roku 20 minuta kemijski proces završava i ukruti materijal koji se onda više ne može oblikovati po želji. Primjena hladne plastike mora obuhvaćati miješanje komponenti, stoga je vrlo bitan omjer kojim će se međusobno miješati te je, ukoliko se pravilno ne prate uputstva proizvođača moguće nekvalitetno izvesti oznake koje će se brzo trošiti, a može doći i do odvajanja dijelova [25].



Slika 7. Ručno postavljanje hladne plastike

Izvor:[20]

Plastika se može izvoditi ručno (Slika 7.) ili pomoću posebnih strojeva. Staklene perle su ugrađene tvornički u materijal, ali dodaju i prilikom izvođenja radi povećanja inicijalne retrorefleksije. Hladna plastika ima nekoliko prednosti u odnosu na ostale materijale, jedna od njih je lako povezivanje sa svim vrstama kolničkih podloga. Lako se postavlja pri raznim temperaturama podloge i kolnika koja može biti u rasponu od 5 °C do 40 °C, pa se time olakšava i produžuje vremensko razdoblje u kojem je moguće izvoditi oznake od hladne plastike [25].

Od ostalih prednosti važno je istaknuti dobro prijanjanje na već postojeće boje na bazi otapala ili na oznake od hladne plastike, a izuzetno su otporne na trošenje te imaju dobru otpornost na klizanje zbog korištenja hrapavih punila i dobru otpornost na motorna ulja i goriva [5].

5.2.2. Termoplastika

Kao i hladna plastika, termoplastika spada u višekomponentne debeloslojne materijale koji se sastoje od pigmenta (služi za prozirnost i boju), veziva (sastoji se od smole te povezuje ostale komponente u cjelinu dajući im čvrstoću, fleksibilnost i snagu), punila (uglavnom kalcijev karbonat, pijesak ili oboje) i staklenih perli već ugrađenih u materijal [12]. Zbog svojih izrazito dobrih karakteristika postala je neizostavan dio i najčešće korišten materijal za označavanje oznaka na kolniku diljem Europe kroz protekla tri desetljeća. U ovisnosti o kvaliteti i stanja podloge, intenzitetu prometa, klimatskim uvjetima, lokaciji postavljanja oznake u odnosu na poprečni

presjek ceste te o vrsti oznake (uzdužne, poprečne ili ostale oznake) njihovo trajanje iznosi u rasponu od dvije do pet godina [26].

Zbog specifičnosti materijala priprema termoplastike je dugotrajan proces. Kako se materijal zaprima u obliku praha ili blokovima, potrebno ga je pripremiti za nanošenje na kolnik. Materijal se zagrijava i kuha u posebnim kotlovima gdje doseže temperaturu od oko 200 °C i prelazi u tekuće stanje te je spreman za postavljanje na kolnik. Proces kuhanja traje oko dva sata te se prilikom kuhanja u materijal naknadno dodaju retroreflektirajući materijali radi povećanja vidljivosti kroz duži period. Osim staklenih perli namijenjenih povećanju retrorefleksije oznaka, u materijalu se nalaze i dodatni elementi sa grubim i ostrim bridovima koji povećavaju hrapavost materijala, odnosno koeficijent trenja [5].

Označavanje kolnika se obavlja „špricanjem“ ili ekstruzijom primjenom posebnih uređaja (*eng. Extruders*). Ekstruzija oznaka na kolnik se obavlja pomoću sustava visoke tehnologije (Slika 8.) koji koristi više brizgaljki koje su spojene u cjelinu, a taj sustav je upravljan centralnom mikroskopskom jedinicom. Na temelju unesenih podataka o potrebnoj oznaci, sustav kontrolira brizgaljke, sustav koordinacije pritiska zraka i doziranja materijala iz spremnika [5]. Pumpa sustava vuče materijal iz spremnika te ga kroz kalup u tekućem stanju pušta na površinu kolnika. Pomoću uređaja moguće je izraditi neprofilirane, profilirane i kombinirane oznake.



Slika 8. Stroj Extruder - Borum Master 2000

Izvor: [27]

Za postavljanje termoplastike podloga na koju se oznake postavljaju mora biti suha i očišćena od ulja, benzina, lišća i ostalih mogućih nečistoća. Kolnik i temperatura zraka bi trebala biti u rasponu od 10 °C do 20 °C, što omogućuje dovoljno dugo razdoblje kroz godinu kada je moguće postavljati termoplastiku. Iako priprema dugo traje, nakon postavljanja na kolnik, termoplastika se suši u roku od 10 do 15 minuta te se može normalno voziti preko tih oznaka [28].

Prednost postavljanja termoplastike na asfaltne podloge u odnosu na betonske je u tome što je asfaltna podloga rastezljiva te se pri visokim temperaturama, pri stavljanju termoplastike, gornji sloj asfalta lagano topi i spoji sa termoplastikom. Na betonu ne dolazi do toplinskih veza, pa lakše dolazi do pucanja i odvajanja dijelova termoplastike sa kolnika [12].

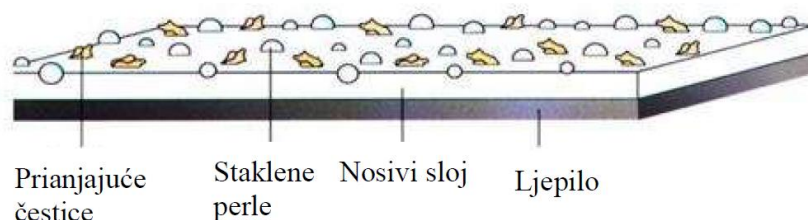
Negativne strane termoplastike su nijansa boje nakon postavljanja oznake i problem postavljanja na hladnijim područjima. Često nakon postavljanja oznaka, boja oznake izgleda sivkasto, što ju čini teže vidljivom tijekom dana. Zbog određene temperature kada je prihvatljivo da se termoplastika stavlja, postavljanje oznaka od termoplastike nije moguće u hladnijim područjima [29].

5.3. Oznake na kolniku izrađene od trake

Trake za izradu oznaka na kolniku mogu se podijeliti u trake koje se postavljaju kao trajne oznake i trake koje se postavljaju za privremenu regulaciju. Trake su tvornički izrađene oznake koje se u kolnik ugrađuju utiskivanjem ili valjanjem dok je površinski sloj asfalta vruć, ljepljenjem na površinu kolnika ili posebno utabana područja u kolniku [1].

Trake se smatraju materijalom koji treba imati najbolji koeficijent retrorefleksije jer se izrađuju u tvornici te je proizvođač u mogućnosti optimalno rasporediti staklene perle duž trake i tako u potpunosti maksimizirati samu vidljivost trake. Zbog toga je traka poželjna jer je lako vidljiva u svim vremenskim uvjetima i pri velikim udaljenostima. Velika prednost traka u usporedbi s ostalim materijalima je u tome što nije potrebno imati skupu opremu i posebno obučeno osoblje za samu ugradnju oznaka na kolnik. Također vijek trajanja je duži nego kod svih ostalih oznaka, iznosi od pet do osam godina [30]. Početni troškovi su viši nego kod ostalih materijala, ali zbog svoje jednostavnosti izrade i izrazite dugotrajnosti su koristan i u nekim slučajevima isplativi materijal. Pri izvođenju radova nema potrebe za zatvaranjem prometnice radi sušenja materijala [31].

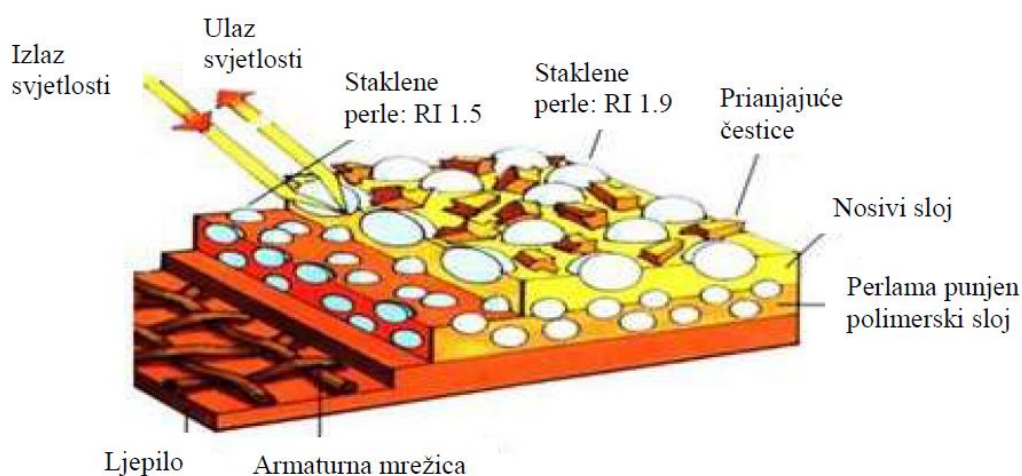
Trajne oznake na kolniku su oznake čiji vijek trajanja iznosi duže od godinu dana. Uglavnom se postavljaju na nove asfaltne površine, ali uz korištenje posebnog ljepila mogu se postavljati i na starije asfaltne podloge ili na kolnike izrađene od betonskog materijala. Debljina traka iznosi između 0,7 do 2,5 mm, a sastoji se od nosivog sloja, ljepila, prijanjajućih čestica te staklenih perli, što je i vidljivo na slici 10. [1].



Slika 9. Neprofilirane oznake izrađene trakom

Izvor:[1]

Trake za privremene oznake na kolniku upotrebljavaju se za privremenu regulaciju prometa te u skladu sa svrhom izводе se lijepljenjem na površinu kolnika. Trake za privremene oznake na kolniku (Slika 10.) sadrže armaturnu mrežicu koja omogućuje lakše uklanjanje oznake s površine kolnika nakon završetka radova [32]. Ono po čemu se posebno trake za privremene oznake na kolniku razlikuju od ostalih traka je to što su uglavnom žute ili narančaste boje. Na taj se način vozačima skreće pozornost na promjene u prometu.



Slika 10. Sastav traka za privremenu signalizaciju

Izvor: [1]

6. ANALIZA OPRAVDANOSTI MATERIJALA ZA IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU

Kao što je već navedeno, za izvođenje oznaka na kolniku najčešće se koriste boja, hladna plastika, termoplastika i trake, stoga će se analiza opravdanosti provesti upravo na tim materijalima.

Prilikom obnavljanja ili izvođenja potpuno nove horizontalne signalizacije važno je odrediti koji materijal će se koristiti pri izradi oznaka na kolniku. Potrebno je razmotriti nekoliko parametara po kojima se materijali međusobno razlikuju. Važno je izabrati materijal koji je u konačnici financijski najisplativiji i prometno najsigurniji. Faktori koje je potrebno razmotriti su [24]:

- početna cijena
- dobra dnevna vidljivost
- dobra noćna vidljivost
- povoljan koeficijent trenja
- tehnologija izvođenja uz što manje ometanje prometa
- vrijeme sušenja
- brzina trošenja materijala, odnosno životni vijek.

Uz sve te faktore koji se tiču direktno materijala za izradu oznaka na kolniku, za sveukupnu isplativost, bitno je popratiti i ostale faktore koji su bitni, poput općih troškova prilikom izvođenja oznaka na kolniku, transporta radnika do mjesta obavljanja posla i plaće radnicima. Usporedba troškova se mora pratiti kroz duže vrijeme, odnosno mora se pratiti do maksimalnog vijeka trajanja materijala [24]. Vrlo bitan čimbenik u dugotrajnosti i isplativosti oznaka je količina prometa na promatranoj prometnici koja se prikazuje u prosječnom godišnjem dnevnom prometu (PGDP). Osim količine prometa važno je pratiti i sastav prometnog toka, jer se većim udjelom teretnih vozila povećava potrošnja oznaka [24]. Velika količina prometa utječe na oznake putem bržeg trošenja, zbog većeg broja vozila koji prelaze preko oznake te samim time, skidanjem slojeva nakon vremena.

Prilikom praćenja stanja i kvalitete oznake nakon što je već postavljena na površinu kolnika, najvažniji pokazatelj kvalitete je retrorefleksija materijala. Prema Smjernicama i tehničkim uvjetima za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku koje su propisale Hrvatske ceste d.o.o. definirane su minimalne vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti obnovljene oznake u suhim (TIP I) te noćne vidljivosti u mokrim (TIP II) uvjetima na državnim cestama u Republici Hrvatskoj kao što je vidljivo u tablicama 1. i 2. [33].

Tablica 1. Minimalne vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti obnovljenih oznaka na cestama s PGDP < 10 000 vozila (oznake TIP I)

VIDLJIVOST I STANJE KOLNIKA	MINIMALNA VRIJEDNOST(mcd/lx/m²)	VRIJEDNOSNI INTERVAL (mcd/lx/m²)
noćna vidljivost, suhi kolnik	$R_L \geq 200$	$180 \leq R_L \leq 220$
dnevna vidljivost, suhi kolnik	$Q_d \geq 130$	$110 \leq Q_d \leq 150$

Izvor:[33]

Tablica 2. Minimalne vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti obnovljenih oznaka na cestama s PGDP > 10 000 vozila (oznake TIP II)

VIDLJIVOST I STANJE KOLNIKA	MINIMALNA VRIJEDNOST(mcd/lx/m²)	VRIJEDNOSNI INTERVAL (mcd/lx/m²)
noćna vidljivost, suhi kolnik	$R_L \geq 300$	$270 \leq R_L \leq 330$
noćna vidljivost, vlažan kolnik	$R_L \geq 35$	$30 \leq R_L \leq 40$
dnevna vidljivost, suhi kolnik	$Q_d \geq 160$	$140 \leq Q_d \leq 180$

Izvor: [33]

Za isplativost materijala u obzir se mora uzeti i cijena nabave materijala od proizvođača. Cijena je značajan faktor koji može uzrokovati promjene u izboru materijala. Sama cijena varira s obzirom na količinu materijala, boji materijala, vrsti pakiranja te kvaliteti materijala i vrsti plaćanja.

Prema podacima dostupnima od poduzeća HG Helios Group, cijena akrilne boje na bazi otapala iznosi od 10,35 kn/kg do 13,30 kn/kg. Pošto se materijal uglavnom prodaje u pakiranjima

od 30 kilograma, cijena nabave bez PDV-a iznosi 310,5 do 399 kuna po pakiranju. Također, prema podacima poduzeća HG Helios Group, cijena hladne plastike se razlikuje o načinu nanošenja materijala na površinu kolnika tj. ovisno da li se nanosi ručno ili strojno. Cijena hladne plastike kreće se u rasponu od 14 kn/kg do 29,5 kn/kg, a kao i kod boja na bazi otapala, isporuka se obavlja u pakiranjima od 30 kg te konačna cijena bez PDV-a iznosi od 420 do 835 kuna po pakiranju. Termoplastika, ovisno o boji, košta u rasponu 9,60 kn/kg do 13,30 kn/kg, pa ako bi se uzelo jednako pakiranje kao i kod ostalih materijala, pakiranje termoplastike od 30 kg bi iznosilo 288 do 399 kuna po pakiranju[Helios]. Trake su najskuplji materijal, te njihova cijena može biti i do 20 puta viša u donosu na boje za cestu [24].

Potrošnja materijala s obzirom na površinu je faktor koji također utječe na izbor materijala. Kao što je napomenuto zbog različitih načina i debljine nanosa materijala na kolničku površinu, razlikuje se i potreba za količinom materijala. Za boje na bazi otapala, koje imaju tanki sloj na površini, potrošnja materijala iznosi oko 0,8 kg/m² (za oznake širine 15 cm). Plastični materijali imaju deblje slojeve na površinama pa je i potreba za većom količinom materijala. Hladna plastika se prilikom špricanja troši u količini 0,47 kg/m², dok se prilikom ručnog nanosa troši veća količina od 2,80 kg/m². Termoplastika je materijal koji količinski najviše ide na kolničku površinu u iznosu od 3,70 kg/m² [34].

Osim samih materijala, potrebno je uključiti i cijenu staklenih perli koje su obavezan materijal za osiguranje dobre retrorefleksije. Prema cjeniku HG Helios Group-e, pakiranje standardnih staklenih perli od 25 kilograma ima cijenu 225,00 kn, što u konačnici iznosi 9,00 kn/kg. Staklene perle se uglavnom na površinu bacaju u količini od 0,4 kg/m² [35].

Za sigurnost u prometu, vrlo važno je imati povoljan koeficijent trenja da ne dolazi do proklizavanja vozila. Prilikom označavanja kolnika važno je obratiti pozornost na svojstva materijala i na njihovu klizavost s obzirom da je dokazano da na klizanje vozila znatno utječu oznake na kolniku [36]. To je potvrđeno tezama da postavljanje bojanih oznaka na novi kolnik dovodi do niskog koeficijenta klizanja sve do njezinog djelomičnog trošenja i pojave kolnika na površini kada se povećava, a obnavljanje bojanih oznaka vraća koeficijent klizanja u prvobitno stanje. Također je potvrđeno da niti jedan materijal nema povoljniji koeficijent klizanja nego termoplastični materijali zbog dodataka koji se nalaze u materijalu pri samoj nabavi materijala.

Materijali se razlikuju i po potrebi vremena za sušenjem, odnosno koliko je vremena potrebno da bi oznaka bila spremna za puštanje u promet. Važnost faktora vremena sušenja materijala se najviše prikazuje u potrebi zatvaranja ili ograničavanja prometnice za cjelokupni promet. Cilj je da se materijal u što kraćem roku osuši da se ne bi sprječavala propusnost vozila, pa je tako prednost plastičnih materijala i traka naspram boje, puno kraće vrijeme sušenja.

Svaki materijal ima svoj vijek trajanja koji se prikazuje u njegovoj dovoljno dugoj vidljivosti vozačima. Dugotrajnost materijala ovisi o debljini nanošenja materijala i retrorefleksiji. Nakon što oznaka više nije dovoljno vidljiva javlja se potreba za obnavljanjem te oznake. Prosječno vrijeme za obnovu oznaka na kolniku ovisi o materijalu koji se koristi, te se u prosjeku [12, 36, 37]:

- oznake bojom, središnje, obnavljaju se jednom godišnje, a rubne svako dvije godine,
- oznake od termoplastičnih materijala obnavljaju se svake 3 godine,
- oznake od hladne plastike obnavljaju se svake 4 godine ,
- dok su trake najizdržljivije s prosječnim vijekom trajanja do 6 godina.

Stoga je kao razdoblje za analizu opravdanosti i usporedbu materijala uzet period od 12 godina, gdje će se redovnim održavanjem i obnavljanjem kroz cijelo vrijeme osigurati dobra vidljivost i retrorefleksija oznaka. Prvo će se pratiti opravdanost boje kao izabranog materijala, zatim hladne plastike, termoplastike te na kraju traka.

Analiza opravdanosti prikazana je na primjeru državne ceste DC1 koja se rasprostire od graničnog prijelaza Macelj do Splita, te je po podacima iz 2018. godine duljine 418,66 km [38]. Cesta se sastoji od dva prometna traka koja su razdvojena razdjelnim trakom, a osim razdjelnim trakom cesta je označena rubnim trakom sa svake strane kolnika.

Izračunom duljine oznaka kroz cijelu dionicu državne ceste DC1, dolazimo do ukupne duljine za označavanje od 1 350 238,65 m i ukupne duljine postavljenih oznaka od 1 199 028,58 metara. Širina uzdužnih oznaka uglavnom iznosi 15 cm, ali se u određenim situacijama koriste i oznake širine 20 cm. Ukupna površina postavljenih oznaka iznosi 180 460,28 m².

Tablica 3. Prikaz duljina i površine svih oznaka na državnoj cesti DC1

ŠIFRA OZNAKE	NAZIV OZNAKE	UKUPNA DULJINA ZA OZNAČAVANJE (M')	UKUPNA DULJINA OZNAKE (M')	UKUPNA POVRŠINA OZNAKE (M²)
H01	puna razdjelna crta	1 053 938,31	1 053 938,31	158 148,38
H02	isprekidana razdjelna crta	254 188,29	112 309,95	17 394, 86
H03	crta upozorenja	24 020,06	16 043,85	2 406, 58
H05	dvostruka puna razdjelna crta	15 279,17	15 279,17	2 291,88
H06	dvostruka isprekidana crta	146,43	73,22	10,98
H07	dvostruka kombinirana crta	2 666,39	1 384,08	207,61
	Ukupno:	1 350 238,65	1 199 028,58	180 460,28

Izvor:[39]

Kod oznaka bojom, zbog različitog perioda obnavljanja središnjih i rubnih (središnje u pravilu svake godine dok rubne u pravilu svake druge godine) posebno je izračunata dužina i površina središnjih i rubnih oznaka i prikazana u tablicama 4. i 5.

Tablica 4. Prikaz duljina i površine središnjih oznaka na državnoj cesti DC1

ŠIFRA OZNAKE	NAZIV OZNAKE	UKUPNA DULJINA ZA OZNAČAVANJE (M')	UKUPNA DULJINA OZNAKE (M')	UKUPNA POVRŠINA OZNAKE (M²)
H01	puna razdjelna crta	253 587,82	253 587,82	38 084,67
H02	isprekidana razdjelna crta	189 660,70	80 046,16	12 368,22
H03	crta upozorenja	24 020,06	16 043,85	2 406,58
H05	dvostruka puna razdjelna crta	15 279,17	15 279,17	2 291,88
H06	dvostruka isprekidana crta	146,43	73,22	10,98
H07	dvostruka kombinirana crta	2 666,39	1 384,08	207,61
	Ukupno:	485 360,57	366 414,30	55 369,94

Izvor:[39]

Tablica 5. Prikaz duljina i površine rubnih oznaka na državnoj cesti DC1

ŠIFRA OZNAKE	NAZIV OZNAKE	UKUPNA DULJINA ZA OZNAČAVANJE (M')	UKUPNA DULJINA OZNAKE (M')	UKUPNA POVRŠINA OZNAKE (M²)
H01	puna razdjelna crta	800 350,49	800 350,49	120 063,71
H02	isprekidana razdjelna crta	64 527,59	32 263,80	5 026,64
	Ukupno:	864 878,08	832 614,28	125 090,34

Izvor:[39]

Inicijalni troškovi za postavljanje oznaka na kolnik dobiveni se umnoškom jedinične cijene i potrebne količine osnovnog materijala, a u slučaju postavljanja bojanih i plastičnih oznaka treba dodati i trošak za staklene perle.

Trošak za staklene perle, kojih je, s obzirom na prosječnu potrošnju od 0,4 kg/m², na površinu od 180 460,28 m² potrebno 72 184 kg, pri nabavnoj cijeni od 9,00 kn/kg, za cijelu dionicu iznosi 649 657,00 kn.

Kako površina oznaka iznosi 180 460,28 m², a potrošnja boje je oko 0,8 kg/m², potrebna količina boje je 144 368,33 kg.

Za cijene materijala koristit će se gornja granica cijena koje su navedene prethodno, zbog pretpostavke da su skuplji materijali ujedno i kvalitetniji. Cijena boje iznosi 13,30 kn/kg čime se dolazi do inicijalnog troška za boju od 1 920 097,42 kn.

Uobičajena praksa u Republici Hrvatskoj je obnavljanje središnje linije svaku godinu, dok se rubne linije obnavljaju svake dvije godine zbog manje izloženosti vozilima, pa je trošak obnove svake druge godine značajno manji od inicijalnog (788 468,00 kn u odnosu na 2 569 754,44 kn).

Tablica 6. Prikaz troškova boje kao izbora materijala za obavljanje oznaka na kolniku

GODINA	SREDIŠNJA LINIJA	RUBNE LINIJE	STAKLENE PERLE	TROŠAK
2019	589 136,20 kn	1 330 961,22 kn	649 657,02 kn	2 569 754,44 kn
2020	589 136,20 kn	-	199 331,80 kn	788 468,00 kn
2021	589 136,20 kn	1 330 961,22 kn	649 657,02 kn	2 569 754,44 kn
2022	589 136,20 kn	-	199 331,80 kn	788 468,00 kn
2023	589 136,20 kn	1 330 961,22 kn	649 657,02 kn	2 569 754,44 kn
2024	589 136,20 kn	-	199 331,80 kn	788 468,00 kn
2025	589 136,20 kn	1 330 961,22 kn	649 657,02 kn	2 569 754,44 kn
2026	589 136,20 kn	-	199 331,80 kn	788 468,00 kn
2027	589 136,20 kn	1 330 961,22 kn	649 657,02 kn	2 569 754,44 kn
2028	589 136,20 kn	-	199 331,80 kn	788 468,00 kn
2029	589 136,20 kn	1 330 961,22 kn	649 657,02 kn	2 569 754,44 kn
2030	589 136,20 kn	-	199 331,80 kn	788 468,00 kn
UKUPNO	7 069 634,39 kn	7 985 767,32 kn	5 093 932,91 kn	20 149 334,62 kn

Proračunom troškova (Tablica 6.) redovnog održavanja i obnavljanja oznaka napravljenih bojom, vidi se kako će ukupni troškovi u razdoblju od 12 godina biti 20 149 334,62 kn, te da su troškovi obnavljanja središnje linije približno jednaki troškovima obnavljanja rubne linije.

Za postavljanje hladne plastike kao oznaka na kolniku, za pokrivanje 180 460,28 m² oznaka, potrebno je 523 908 kg materijala s obzirom da je potrošnja pri nanošenju materijala 2,80 kg/m². Cijena materijala iznosi 29,50 kn/kg pa inicijalni trošak za postavljanje oznaka hladnom plastikom iznosi 13 086 979,78 kn.

Hladna plastika je dugotrajan materijal koji zbog svojstava dugotrajnosti i zadržavanja dovoljne razine retrorefleksije kroz dugo razdoblje, ne zahtjeva obnavljanje kroz razdoblje od četiri godine. Iako su inicijalni troškovi izuzetno visoki, zbog rijetkog obnavljanja kroz duže razdoblje može biti isplativo. Kod oznaka izrađenih od hladne plastike nema različitih frekvencija obnavljanja središnje i razdjelnih linija nego se zajedno obnavljaju svake četiri godine, pa nema ni različitih troškova kroz godine.

Tablica 7. Prikaz troškova hladne plastike kao izbora materijala za obavljanje oznaka na kolniku

GODINA	HLADNA PLASTIKA	STAKLENE PERLE	UKUPNI TROŠAK
2019 (NOVE OZNAKE)	13 086 979,78 kn	649 657,02 kn	13 736 636,80 kn
2023 (OBNOVA OZNAKA)	13 086 979,78 kn	649 657,02 kn	13 736 636,80 kn
2027 (OBNOVA OZNAKA)	13 086 979,78 kn	649 657,02 kn	13 736 636,80 kn
UKUPNO	39 260 939,35 kn	1 948 971,07 kn	41 209 910,41 kn

Proračunom troškova (Tablica 7.) za period od 12 godina ukupni troškovi postavljanja, redovnog održavanja i obnavljanja oznaka napravljenih od hladne plastike iznose 41 209 910,41 kn.

Potrošnja termoplastičnih materijala za izradu oznaka na kolniku iznosi 3,70 kg/m², što znači da je za označavanje 180 460,28 m² potrebno 667 703,05 kg termoplastike. Kako je cijena materijala 13,30 kn/kg to daje inicijalni trošak od 8 880 450,57 kn za termoplastiku.

Termoplastika je po izdržljivosti materijal sličan hladnoj plastici, pa se tako u prosjeku očekuje pad kvalitete i vidljivosti oznaka nakon tri godine, kada se zahtjeva potpuna obnova

oznaka. Kao i u slučaju hladne plastike obnova se obavlja za sve oznake odjednom, bez odvajanja središnje i rubnih linija. Dodatno se postavljaju i staklene perle.

Tablica 8. Prikaz troškova termoplastike kao izbora materijala za obavljanje oznaka na kolniku

GODINA	TERMOPLASTIKA	STAKLENE PERLE	UKUPNI TROŠAK
2019 (NOVE OZNAKE)	8 880 450,57 kn	649 657,02 kn	9 530 107,59 kn
2022 (OBNOVA OZNAKA)	8 880 450,57 kn	649 657,02 kn	9 530 107,59 kn
2025 (OBNOVA OZNAKA)	8 880 450,57 kn	649 657,02 kn	9 530 107,59 kn
2028 (OBNOVA OZNAKA)	8 880 450,57 kn	649 657,02 kn	9 530 107,59 kn
UKUPNO	35 521 802,27 kn	2 598 628,09 kn	38 120 430,35 kn

U tablici 8. prikazani su rezultati konačnih troškova postavljanja redovnog održavanja i obnavljanja oznaka izrađenih termoplastikom. Podaci prikazuju troškove za razdoblje od 12 godina, koji iznose 38 120 430,35 kn.

Trake kao materijal se rijetko upotrebljavaju za stalnu signalizaciju prvenstveno iz razloga jer su izuzetno skupe. Trake dolaze u rolama po duljini, pa tako nemamo gustoću nanosa nego cijenu po metru. Cijena traka iznosi oko 50,00 kn/m [40], što znači da je za označavanje državne ceste D1 potrebno 1 199 028,58 metara trake. Traka kao materijal za izradu oznaka na kolniku je izuzetno dugotrajna pa prosječno traje oko 6 godina [37], kada dolazi do potrebe za zamjenom.

Tablica 9. Prikaz troškova traka kao izbora materijala za obavljanje oznaka na kolniku

GODINA	TROŠAK
2019 (NOVA OZNAKA)	59 951 429,00 kn
2025 (OBNOVA OZNAKA)	59 951 429,00 kn
UKUPNO	119 902 858,00 kn

Prikazom u tablici 9., vidljivo je da su trake najskuplji i najneisplativiji odabir materijala za izradu oznaka na kolniku sa ukupnim troškom od 119 902 858,00 kn.

Nakon izvedenih troškovnih analiza, jasno je vidljivo u tablici 10., da su sa financijskog aspekta boje najisplativiji materijal.

Tablica 10. Odnos troškova prema materijalu kroz razdoblje od 12 godina

MATERIJAL	UKUPNI TROŠAK KROZ 12 GODINA
BOJA	20 149 334,62 kn
HLADNA PLASTIKA	41 209 910,41 kn
TERMOPLASTIKA	38 120 430,35 kn
TRAKE	119 902 858,01 kn

Iako se oznake odrađene bojom čine kao najbolji izbor s aspekta financijske isplativosti, u obzir se moraju uzeti i drugi čimbenici. Osim izvornih troškova nabavljanja materijala u obzir se moraju uzeti učestalost obnavljanja oznaka, područje rada te kompleksnost same aplikacije na površinu. Boje troškovno jesu najisplativije, ali uzevši u obzir da se svake godine treba obavljati obnova, to povećava troškove radnika, putovanja i smještaja radnicima. Plastični materijali iako skuplji pri nabavi, kroz dugotrajnije trajanje smanjuju potrebu za čestim slanjem radnika na obnovu, iako je prethodno slanju potrebna edukacija radnika zbog kompleksnosti nanošenja materijala na kolničku površinu. Trake su u financijskom smislu potpuno neisplative, iako ne zahtijevaju posebno educirano osoblje i česte obnove.

Osim potrebe za čestim obnavljanjem boje imaju nedostatak u povećanoj klizavosti materijala, dok hladna plastika i termoplastika u sebi imaju materijale koji povećavaju hrapavost oznake čime se postiže viša razina sigurnosti pri vožnji.

Državna cesta DC1 kao jedna od najvažnijih prometnica u mreži Republike Hrvatske, mora imati dobro vidljivu i dugotrajnu signalizaciju kojom se povećava razina sigurnosti. Kao što je ranije napomenuto, financijska isplativost je važan element, ali ne i najvažniji. Osim financijske isplativosti, važno je promatrati i druge čimbenike koji su prethodno opisani.

7. ZAKLJUČAK

Oznake na kolniku su izuzetno bitan element prometne signalizacije, koje svojim položajem i oblikom informiraju i upozoravaju vozača o stanju i situaciji ispred vozila. One su nezamjenjiv dio prometne signalizacije koje svojim funkcijama povećavaju sigurnost u prometu. Označavanjem prometnica oznakama na kolniku osigurava se bolje vizualno vođenje što povećava razinu cjelokupne sigurnosti cestovnog prometa. Materijali za izvođenje oznaka dijele se na boje, hladnu plastiku, termoplastiku i trake, a svaki od materijala ima svoje prednosti i mane te je iz tog razloga potrebno voditi računa o izboru materijala ovisno o geografsko-klimatsko-prometnim uvjetima u kojima se nalazi cesta. Jedan od najbitnijih elemenata pri izboru materijala je njihova vidljivost koja u najvećoj mjeri utječe na povećanje sigurnosti prometa. Kroz eksploataciju oznaka, razina retrorefleksije oznaka se smanjuje čime se smanjuje i vidljivost oznaka u noćnim uvjetima. Radi što dužeg životnog vijeka materijala, oznake trebaju biti izvedene sukladno propisima i pravilima, sadržavati dovoljnu razinu retroreflektirajućih materijala i biti izvedene od optimalnog materijala za to područje ceste.

Na velikom broju prometnica se nalaze nekvalitetne oznake na kolniku koje svojom retrorefleksijom ne zadovoljavaju minimalne sigurnosne uvjete, a sve to zbog izbora neadekvatnog materijala. Pri izboru materijala, najčešće se prate financijski troškovi, a ne ostali bitni elementi koji utječu na samu isplativost oznaka na kolniku kroz duži period. Pri izboru materijala potrebno je pripaziti na vrstu kolnika, lokaciju gdje se prometnica nalazi te količinu prometa koji prolazi tom prometnicom. Svi ti čimbenici u krajnosti utječu na samu vidljivost oznaka i sigurnost prometa.

Cilj ovog rada je prikazati elemente koji utječu na konačni izbor materijala za izrađivanje oznaka na kolniku da bi materijal zadovoljio potrebe ceste u odnosu na geografsko-klimatsko-prometne uvjete u kojima se nalazi. Među te elemente spadaju početna cijena materijala, dobra dnevna i noćna vidljivost, povoljan koeficijent trenja te životni vijek samog materijala. Osim elemenata samog materijala potrebno je razmotriti i ostale elemente poput troškova održavanja, učestalosti obnavljanja oznaka, troškova radnika i potrebnom edukacijom radnika za upoznavanje s materijalima. Svaki od tih elemenata se razlikuje ovisno od materijala i o načinu apliciranja materijala na površinu kolnika.

Rezultati analize isplativosti pokazali su da su bojane oznake finansijski najisplativije, ali zbog svoje kratkotrajnosti, klizavosti i česte potrebe za obnavljanjem, nisu u potpunosti isplative za lokacije poput važnijih i opterećenijih prometnica u prometnoj mreži. Stoga su oznake izrađene bojom adekvatnije za prometnice sa manjim intenzitetom prometa gdje je zbog manjeg intenziteta prometa i manja potrošnja materijala čime im se produžuje životni vijek.

Trake se kao dugotrajni materijal ne isplate iz finansijskih razloga iako je potreba za obnavljanjem rijetka, a razina vidljivost kroz dugo razdoblje više nego prihvatljiva za održavanje sigurnosti u prometu.

Plastični materijali, iako inicijalno skupi, na dugoročnom planu mogu biti izrazito isplativi u finansijskom te sigurnosnom smislu ako se na pravilan način apliciraju na kolnik. Zbog svoje dugotrajnosti i izdržljivosti, dobrog prianjanja te rijetke potrebe za obnavljanjem mogu zadovoljiti potrebe prometnica većeg prometnog opterećenja pod raznim klimatskim uvjetima, čime su idealni materijali za postavljanje na važnije prometnice sa većim intenzitetom prometa.

POPIS LITERATURE

- [1.] *Autorizirana predavanja iz kolegija Vizualne informacije u prometu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, ak. god. 2015./2016.
- [2.] Zwahlen, H.T., Schnell, T. 1999. *Visibility of Road Markings as a Function of Age Retroreflectivity Under Low-Beam and High-Beam Illumination at Night*, Journal of the Transportation Research Board. 1962.
- [3.] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11).
- [4.] Fulir, E.; *Analiza materijala za izvođenje oznaka na kolniku*; Fakultet Prometnih Znanosti; 2018; urn:nbn:hr:119:726560
- [5.] URL: <https://www.chemosignal.hr/o-nama/sigurnost-i-materijali/> (pristupljeno, kolovoz 2019.)
- [6.] Jackson, J.; *Safety measures: The Contribution of carriageway markings*, 1981; The Highway Engineer, Vol. 28
- [7.] National Cooperative Highway Research Program, *Long-Term Pavement Marking Practices; Chapter Four: Traffic Crashes and Pavement Markings*, 2002; Izvještaj, Washington DC.
- [8.] Dravitzki, V.K.; Lester, T.; Wilkie, S.M.; *The Safety Benefits of Brighter Roadmarkings*; 2006.; Izvještaj, Land Transport, Wellington, Novi Zeland.
- [9.] National Cooperative Highway Research Program; *Pavement Marking Materials and Markers: Real- World Relationship between Retroreflectivity and Safety over Time*; 2006; Izvještaj; Toronto, Kanada
- [10.] Aldemir-Bektas, B.; Gkritza, K.; Smadi, O.; *Pavement Marking Retroreflectivity and Crash Frequency: Segmentation, Line Type and Imputation Effects*; 2016; Journal of Transportation Engineering
- [11.] Lundkvist, S. O.; Ytterbom, U.; Runersjoe, L.; *Continuous Edgeline on Nine meter wide Two-lane Roads*; 1990; Izvještaj; Swedish Road and Traffic Research Institute; Linkoping; Švedska

- [12.] Babić, D.: *Model predviđanja trajanja oznaka na kolniku*, doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018, URL:<https://dr.nsk.hr/islandora/object/fpz:1202/preview> (pristupljeno: srpanj 2019.)
- [13.] Zhang, G. H.; Hummer, J.E.; Rasdorf, W. 2010. *Impact of Bead Density on Paint Marking Retroreflectivity*, *Journal of Transportation Engineering* 136(8) ; 773-781. DOI: 10.1061/(ASCE) TE. 1943-5436.0000142
- [14.] Zwahlen, H. T.; Schnell, T.; *Visibility of New Pavement Markings at Night Under Low-Beam Illumination*; 1995; Journal of the Transportation Research Board
- [15.] Oliver, W.; *An Evaluation of the 10:30 Centerline Marking Pattern*; 1977; Izvještaj; Virginia Highway and Transportation Research Council; Charlottesville, SAD
- [16.] URL: <http://roadskymarking.com/vibration-lines-widely-used-developed-countries.html>
- [17.] Modrić, M.; *Određivanje korelacije između retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća*; Fakultet Prometnih Znanosti; 2017, urn:nbn:hr:119:389451
- [18.] Babić, D.; Burghardt, Tomasz E.; Babić, D.; *Application and Characteristics of Waterborne Road Marking Paint*, Fakultet Prometnih Znanosti, 2015
- [19.] Ščukanec, A.; Fiolić M.; Babić D. (2012), *Analysis of Retroreflectivity of Paint and Plastic Road Markings on Croatia State Road D1.*, Zagreb : Fakultet prometnih znanosti, 2012, 341-350, ISBN: 978-953-243-056-1
- [20.] URL: <https://www.geveko-markings.com/products/> (posjećeno, kolovoz 2019.)
- [21.] URL: http://www.tom-signal.hr/portfolio_page/hofmann-h-36/ (pristupljeno, kolovoz, 2019)
- [22.] Clark, J.; Sanders, S. (1993), *Review and Recommendations for Pavement Marking Materials*, Department of Civil Engineering, Clemson University, S.C.
- [23.] URL: <https://www.hofmannmarking.de/en/technologies/cold-plastic-plain-profiled/#tab5-1766>
- [24.] Visser, Alex T.; De Witt, A.J.; Smith, R.A.F., *Durability and cost effectiveness of road marking paint.*, 2000.; URL: <http://hdl.handle.net/2263/8226>
- [25.] *Signodur G, Tehničke informacije*, HG Helios Group
- [26.] Stojić, G.; *Utjecaj prometnog toka na vidljivost oznaka na kolniku*; Fakultet Prometnih Znanosti; 2015, urn:nbn:hr:119:932130
- [27.] URL: <https://borum.as/en/line-marking-machines/bm-2000-t/> (posjećeno, kolovoz 2019)

- [28.] URL:http://www.highwaymarkings.ie/documents/a_guide_to_thermoplastic_road_markings.pdf
- [29.] Jiang Yi, *Durability and Retro-Reflectivity of Pavement Markings (Synthesis Study)*, Publication FHWA/IN/JTRP-2007/11. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2008., DOI: 10.5703/1288284313356
- [30.] URL:<https://www.swarco.com/solutions/road-marking-systems/lane-markings/pavement-marking-tapes> (pristupljeno, kolovoz 2018.)
- [31.] Cuelho, E., Stephens, j., McDonald, C.; *A Review of the Performance and Cost of Contemporary Pavement Marking Systems*, 2003
- [32.] *Materijali i ispitivanje oznaka na kolniku*, Nastavni priručnik iz kolegija prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
- [33.] Hrvatske ceste d.o.o., *Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku – Horizontalna signalizacija*, Zagreb, 2010.
- [34.] Cruz, M.; Klein, A.; Steiner, V.; Sustainability assessment of road marking systems; 2016
- [35.] HG Helios Group, *Premazi za cestovnu signalizaciju*, VPC cjenik, 2016
- [36.] HAVELL, D.F., 1983a. Improving the skid resistance and cost effectiveness of road marking materials in South Africa, Annual Transportation Convention, Volume 2, Johannesburg, 25-29 July. *Road Safety 2017*, Directorate-General for Mobility and Transport (European Commission), 2017
- [37.] Estimating the Lifecycle of Pavement Markings on Primary And Secondary Roads in South Carolina Drs. Wayne Sarasua and Lansford Bell
- [38.] Digitalna karta rizika, RRM – „Risk Rate Map“ protokol EuroRAP-a; projekt 2010. URL: <https://www.hak.hr/datoteka/1121/digitalna-karta-rizika.pdf>
- [39.] Podaci dostavljeni od strane Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakultet Prometnih Znanosti, Zagreb
- [40.] URL: <https://starttraffic.uk/stamark-3m-tape>

POPIS SLIKA I TABLICA

Popis slika:

Slika 1. Standardne perle na suhom i mokrom kolniku (lijevo i sredina) te perle koje omogućavaju bolju vidljivost u mokrim uvjetima (desno).....	11
Slika 2. Vibracijska traka.....	11
Slika 3. Prikaz veličine kuta ulazne i reflektirane zrake svjetlosti ovisno o vrsti vozila.....	12
Slika 4. Graco LineLazer 3400	14
Slika 5. Hofmann H 36	15
Slika 6. Profilirana oznaka izrađena od plastike.....	16
Slika 7. Ručno postavljanje hladne plastike	17
Slika 8. Stroj Extruder - Borum Master 2000	18
Slika 9. Neprofilirane oznake izrađene trakom.....	20
Slika 10. Sastav traka za privremenu signalizaciju.....	20

Popis tablica:

Tablica 1. Minimalne vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti obnovljenih oznaka na cestama s PGDP < 10 000 vozila (oznake TIP I).....	22
Tablica 2. Minimalne vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti obnovljenih oznaka na cestama s PGDP > 10 000 vozila (oznake TIP II).....	22
Tablica 3. Prikaz duljina i površine svih oznaka na državnoj cesti DC1	25
Tablica 4. Prikaz duljina i površine središnjih oznaka na državnoj cesti DC1	25
Tablica 5. Prikaz duljina i površine rubnih oznaka na državnoj cesti DC1	25
Tablica 6. Prikaz troškova boje kao izbora materijala za obavljanje oznaka na kolniku	26
Tablica 7. Prikaz troškova hladne plastike kao izbora materijala za obavljanje oznaka na kolniku	27
Tablica 8. Prikaz troškova termoplastike kao izbora materijala za obavljanje oznaka na kolniku	28
Tablica 9. Prikaz troškova traka kao izbora materijala za obavljanje oznaka na kolniku	28
Tablica 10. Odnos troškova prema materijalu kroz razdoblje od 12 godina	29